

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 5 - 1 3 6 5 0 9

(43) 公開日 平成5年(1993)6月1日

(51) Int. Cl. ⁵

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 S 3/101

8934 - 4 M

G 0 2 B 5/08

Z 7316 - 2 K

5/136

7316 - 2 K

審査請求 未請求 請求項の数 7

(全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平3-294397

(22) 出願日 平成3年(1991)11月11日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71) 出願人 390002004

日立ニュークリアエンジニアリング株式会
社

茨城県日立市幸町3丁目2番2号

(71) 出願人 390023928

日立エンジニアリング株式会社

茨城県日立市幸町3丁目2番1号

(74) 代理人 弁理士 秋本 正実

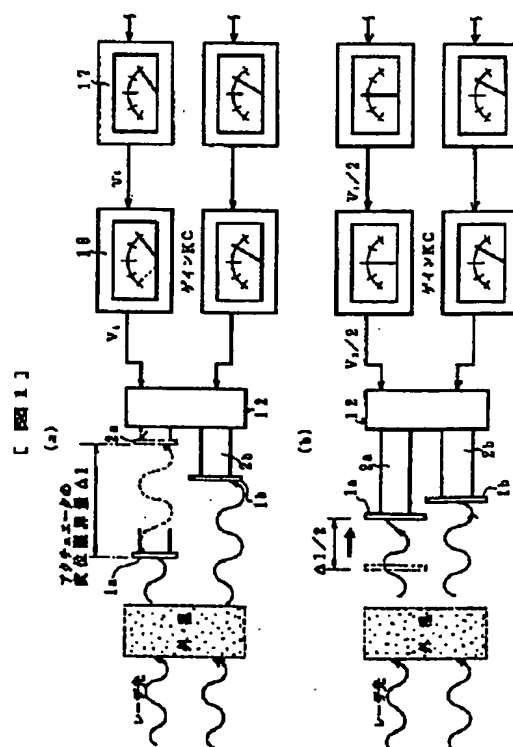
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ光出力装置とレーザ光波面制御方法及びその装置

(57) 【要約】

【目的】 形状可変鏡の反射面を小型のアクチュエータを用い長時間継続して制御し、レーザ光の波面制御を行う。

【構成】 複数のアクチュエータ 2 a, 2 b を夫々進退させることで反射面 1 a, 1 b の凹凸形状が変化する形状可変鏡 1 2 にてレーザビームを反射させ目標位置に集光させるときに、各アクチュエータ 2 a, 2 b を進退させる制御中にいずれかのアクチュエータ 2 a の変位量が変位限界 $\Delta 1$ に達したとき当該アクチュエータ 2 a の変位量をレーザ光の波長の整数倍の距離だけ元に戻してから各アクチュエータ 2 a, 2 b を進退させる制御を継続する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数のアクチュエータを夫々進退させることで反射面の凹凸形状が変化する形状可変鏡にてレーザビームを反射させ目標位置に集光させるレーザ光出力装置において、各アクチュエータを進退させる制御中にいずれかのアクチュエータの変位量が変位限界に達したとき当該アクチュエータの変位量をレーザ光の波長の整数倍の距離だけ元に戻してから各アクチュエータを進退させる制御を継続する制御手段を設けたことを特徴とするレーザ光出力装置。

【請求項2】 レーザビームを反射する形状可変鏡の反射面の凹凸形状を複数のアクチュエータを進退させることで制御し反射レーザ光の目標位置における波面を制御するレーザ光波面制御方法において、各アクチュエータを進退させる制御中にいずれかのアクチュエータの変位量が変位限界に達したとき当該アクチュエータの変位量をレーザ光の波長の整数倍の距離だけ元に戻してから各アクチュエータを進退させる制御を継続することを特徴とするレーザ光波面制御方法。

【請求項3】 レーザビームを反射する形状可変鏡の反射面の凹凸形状を複数のアクチュエータを進退させることで制御し反射レーザ光の目標位置における波面を制御するレーザ光波面制御装置において、各アクチュエータを進退させる制御中にいずれかのアクチュエータの変位量が変位限界に達したとき当該アクチュエータの変位量をレーザ光の波長の整数倍の距離だけ元に戻してから各アクチュエータを進退させる制御を継続する手段を備えることを特徴とするレーザ光波面制御装置。

【請求項4】 複数のアクチュエータを夫々進退させることで反射面の凹凸形状が変化する形状可変鏡にてレーザビームを反射させ目標位置に集光させるレーザ光出力装置において、レーザ発振器から出射されるレーザビームを反射する第1の形状可変鏡と、第1の形状可変鏡で反射されたレーザビームを目標方向に反射する第2の形状可変鏡と、これらの各形状可変鏡の各アクチュエータの進退を制御し各形状可変鏡の対応するアクチュエータの合計の進退量にて目標位置での波面制御を行う制御手段とを備えることを特徴とするレーザ光出力装置。

【請求項5】 請求項4において、第1の形状可変鏡と第2の形状可変鏡の間に更に別の形状可変鏡を備え、制御手段はこの別の形状可変鏡の各アクチュエータの進退を第1、第2の形状可変鏡の対応するアクチュエータの進退と協調して制御するものであることを特徴とするレーザ光出力装置。

【請求項6】 レーザビームを反射する一体鏡型の形状可変鏡の反射面の凹凸形状を複数のアクチュエータを進退させることで制御し反射レーザ光の目標位置における波面を制御するレーザ光波面制御方法において、レーザビームを複数の形状可変鏡で連続して反射させると共に、各形状可変鏡の対応するアクチュエータの合計の進

退量を制御してレーザ光を目標位置で集光させることを特徴とするレーザ光波面制御方法。

【請求項7】 レーザビームを反射する一体鏡型の形状可変鏡の反射面の凹凸形状を複数のアクチュエータを進退させることで制御し反射レーザ光を目標位置に集光させるレーザ光波面制御装置において、レーザビームを複数の形状可変鏡で連続して反射させ集光させるにときに各形状可変鏡の対応するアクチュエータの合計の進退量を制御してレーザ光を集光させる制御手段を備えることを特徴とするレーザ光波面制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は形状可変鏡の反射面の凹凸形状を変化させてレーザ反射光の目標位置における波面を制御し集光度を高めるレーザ光出力装置に係り、特に、レーザ光波面制御を長時間継続して行うのに好適なレーザ光出力装置とレーザ光波面制御方法及びその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 レーザ光の利用技術が進歩し、レーザレーダや衛星のトラッキング、天体望遠鏡等にレーザビームを使用するようになってきている。レーザビームを使用する場合、空間中に出射したビームを細い状態に保ったまま目標物に集束する必要があり、そのためにはレーザ光の波面を制御することが必要となる。図4は、形状可変鏡によるレーザ光の波面制御の説明図である。尚、この図4では、分割鏡型の形状可変鏡を用いている。図4(a)に示す様に、形状可変鏡1は、例えば $3 \times 3 = 9$ 枚の部分平面鏡1a, 1b, 1c, ...に分割した反射鏡部分と、各部分平面鏡1a, 1b, 1c対応に設けたアクチュエータ2a, 2b, 2c, ...とを備える。図示しないレーザ発振器から出射され部分平面鏡1a, ...にて反射したレーザビームは、集光装置3を通ることで、目標面3上に集光する。

【0003】 レーザビームが真空中（集光装置3から目標面3までの間）を通るのであれば、各光路を通るレーザ光の波面が揃い、集光点での光強度分布は鋭いピークを持つようになる。つまり、回折限界までレーザビームを集束することができる。しかし、レーザビームを空気等の媒質中に通すときは、その光路内での媒質がレーザ光のエネルギーの一部を吸収して熱膨張し、屈折率が小さくなってレーザビームが拡散してしまう。また、光路中に風等の外乱が生じると、各光路での温度分布、媒質密度の均一性が崩れ、各光路での屈折率に揺らぎが生じ、レーザ光の波面が乱れてしまう。この結果、図4(b)に示す様に、目標面4での集光点はぼやけ、レーザ光の強度が低下してしまう。この強度低下を回避するため、図4(c)に示す様に、各アクチュエータ2a, 2b, 2c, ...を例えばレーザ光波長の数十分の1オーダーで進退させ（図示の例では、アクチュエータ2bを後退させ

ている。)て屈折率の揺らぎ等の影響を相殺し、各光路を通ったレーザ光の波面が目標位置の集光面で揃うようにしている。

【0004】形状可変鏡として、上述した分割鏡型ではなく、一体鏡型のものがある。この一体鏡型の形状可変鏡では、1枚の反射鏡の裏面に複数のアクチュエータを設け、各アクチュエータの進退を制御する点は分割鏡型と同じである。しかし、分割鏡型とは異なり、反射面に不連続部分(例えば図4(a)での部分鏡1a, 1bの境界部分)がないため、この一体鏡型の形状可変鏡を用いたレーザ光出力装置では、不連続部分での波面の乱れが生じない利点がある。

【0005】尚、この種の従来技術に関連するものとして、米国特許4,016,415号公報、米国特許3,979,585号公報、米国特許3,988,608号公報がある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上述した従来技術により、目標面上でレーザ光の波面が揃うように制御する場合、各アクチュエータが1波長の距離だけ反射面を進退できれば、理論上は波面を常に揃わせることができる。しかし、実際には余裕を持たせ、各アクチュエータとして2~3波長分だけ進退できるものを使用している。例えば、出力の大きいCO₂レーザを用いる場合、波長は10.6ミクロンであるので、アクチュエータとしては100V印加したとき30ミクロン伸びる電歪(ピエゾ)素子を使用する。しかし、このように余裕を持たせても、制御を継続して実行しているとアクチュエータの伸び量(或いは後退量)が徐々に大きくなり、30ミクロンの変位限界まで伸びて(或いは後退して)しまうと、更にアクチュエータを伸ばして(或いは後退させて)波面制御することができなくなってしまう。この欠点は、変位限界の大きい例えば100ミクロン伸びるアクチュエータを用いれば回避できるが、それでは大型のピエゾ素子を使用しなければならず、またそれを駆動する電源装置も大容量のものが必要となり、装置全体が大型化すると共に、製造コストが高騰してしまうという問題がある。

【0007】また、隣接するアクチュエータの進退量のずれ量を大きく(例えば図4(a)でアクチュエータ2a, 2bの進退量の差を1波長近くの10ミクロンとする場合等)しないと、目標位置での波面を揃えることができない事態が生じることがある。この場合、分割鏡型であれば問題ないが、一体鏡型の形状可変鏡を用いるとすると、反射鏡の剛性が高かく曲がり難かったりアクチュエータの駆動力不足のときは、各アクチュエータの進退量がそのまま反射鏡の形状変化に反映するとは限らず、波面制御ができなくなってしまうという問題がある。

【0008】本発明の第1の目的は、小型のアクチュエ

ータを用いて長時間継続して波面制御することが可能なレーザ光出力装置と波面制御方法及びその装置を提供することにある。

【0009】本発明の第2の目的は、一体鏡型の形状可変鏡を用いた場合に確実な波面制御を可能とするレーザ光出力装置と波面制御方法及びその装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記第1の目的は、複数のアクチュエータを夫々進退させることで反射面の凹凸形状が変化する形状可変鏡にてレーザビームを反射させ目標位置に集光させるレーザ光出力装置において、各アクチュエータを進退させる制御中にいずれかのアクチュエータの変位量が変位限界に達したとき当該アクチュエータの変位量をレーザ光の波長の整数倍の距離だけ元に戻してから各アクチュエータを進退させる制御を継続することで、達成される。

【0011】上記第2の目的は、複数のアクチュエータを夫々進退させることで反射面の凹凸形状が変化する形状可変鏡にてレーザビームを反射させ目標位置に集光させるレーザ光出力装置において、レーザビームを複数の形状可変鏡で連続して反射させると共に、各形状可変鏡の対応するアクチュエータの合計の進退量を制御してレーザ光を目標位置で集光させることで、達成される。

【0012】

【作用】上記第1の目的を達成する発明では、あるアクチュエータが変位限界に達したときにそのアクチュエータの変位量を波長の整数倍例えば1波長分或いは2波長分だけ元に戻すため、戻した後に各アクチュエータを進退させることが可能となる。このため、継続して波面制御することができる。

【0013】上記第2の目的を達成する発明では、1つの形状可変鏡のアクチュエータの進退量で波面制御することができない場合には、2つ目の形状可変鏡でその分を補償することができるので、一体鏡型の形状可変鏡を用いた場合でも確実な波面制御が可能となる。

【0014】

【実施例】以下、本発明の一実施例を図面を参照して説明する。図2は、本発明の一実施例に係るレーザ光出力装置のブロック構成図である。本実施例に係るレーザ光出力装置10は、レーザ発振器11と、このレーザ発振器11から出射されたレーザビームを反射する分割鏡型の形状可変鏡12と、この形状可変鏡12にて反射されたレーザビームを目標物30に集光する集光装置13を備える。レーザ発振器11としては、例えば現在のところ一番出力の高いCO₂レーザ発振器を使用する。そして、形状可変鏡12の各分割鏡を進退させるアクチュエータとしては、ピエゾ素子を用いる。ピエゾ素子は、使用する材質、寸法等により圧電定数(単位; m/V)が決められており、本実施例では、100V印加したとき

30 μm 伸びるものを使用し、印加電圧を0.1V単位で制御する。

【0015】レーザ光出力装置10は、更に、光検出器14と、同期検波器15と、発振器16と、制御装置17と、形状可変鏡12の各アクチュエータに駆動電圧を印加する駆動電源18とを備える。光検出器14は、目標物30で散乱したレーザ光を受光するものであり、どの部分鏡を進退させればよいかを判定するデータを取得する。例えば、形状可変鏡12が $3 \times 3 = 9$ 枚の部分鏡を持つ場合、光検出器14の受光データにてどの部分鏡を進退させればよいかを判定できるように、各部分鏡を夫々微小振幅例えば0.5ミクロン位の振幅で振動させ当該部分鏡で反射するレーザ光を位相変調する。そして、各部分鏡での振動周波数（位相変調周波数）を異ならせることで、各部分鏡での反射レーザ光を識別することが可能となる。これをマルチディザ方式といい、本実施例ではこの方式を採用する。

【0016】発振器16から駆動電源18に与えられる各部分鏡毎の位相変調周波数は同期検波器15にも与えられ、同期検波器15は、光検出器14の受光データを各位相変調周波数成分毎に検出し、検出結果を制御装置17に出力する。制御装置17は、同期検波器15からの検出信号に基づき、どの部分鏡をどの程度進退させればレーザビームの集光面における波面が揃うかを演算により求め、演算結果を駆動電源18に出力する。駆動電源18は、形状可変鏡12の各アクチュエータ（本実施例でのピエゾ素子）に、制御装置17での演算結果による制御電圧に当該アクチュエータの位相変調周波数を重畳した電圧を印加する。これにより、例えば図4（a）に示すアクチュエータ2aは、制御電圧に応じた長さだけ伸長して当該部分鏡を前進させ、その位置でこの部分鏡は所定の位相変調周波数にて振動することになる。尚、図2には図示を省略したが、駆動電源18による形状可変鏡12の制御はフィードバック制御で行い、各アクチュエータの実際の進退量をセンサ等で検知し、この検知結果を駆動電源18に戻し、制御装置17での演算結果通りの進退量となるように制御される。

【0017】図1は、本発明の一実施例に係る制御方法の説明図である。レーザ光の波面を制御する場合、形状可変鏡12の各アクチュエータ2a, 2b, …のストローク量（変位最大値） $\Delta 1$ は、制御するレーザ光の波長 λ 以上（ $\lambda \leq \Delta 1$ ）あればよい。ここでは余裕を考えて、 $\Delta 1 \approx 2\lambda$ のアクチュエータを用いるものとする。アクチュエータ2aをその変位限界まで前進させるには、このストローク量 $\Delta 1$ に相当する電圧 $V1$ を駆動電源18により当該アクチュエータ2aに印加する。この限界値 $\Delta 1$ を与える制御装置17の演算結果に基づく制御電圧を $v1$ （このとき、 $V1 = v1 \cdot Kc$ 。但し、 Kc は駆動電源18のゲイン）とすると、アクチュエータ2aの変位量が限界値 $\Delta 1$ を超えない様に、常に制御装置1

7の出力電圧値を $v1$ 以下つまり駆動電源18の出力電圧値は $V1$ 以下に制御しなければならない。

【0018】今ここで、形状可変鏡12のいずれかのアクチュエータの変位量がその限界値 $\Delta 1$ に達したとする。つまり、制御装置17から駆動電源18への指令電圧値が $v1$ に達したとする。この場合、変位限界に達したアクチュエータを更に変位させることは不可能となため、形状可変鏡12による波面制御は継続できなくなってしまう。そこで、本実施例では、制御装置17から駆動電源18に出力される各アクチュエータ対応の駆動電圧のいずれかが上記の電圧 $v1$ に達したとき、そのアクチュエータ用に制御装置17が駆動電源18に出力している制御電圧の値を $v1/2$ とする。これにより、駆動電源18がそのアクチュエータ（図1（a）の例ではアクチュエータ2a）に印加する電圧は $V1/2$ となり、図1（b）に示す様に、一波長 λ 分（本実施例では、 $\Delta 1 \approx 2\lambda$ とし、電圧 $V1$ を印加することで $\Delta 1$ 変位すると仮定したため）だけ部分鏡1aが後退する。これにより、アクチュエータ2aはこの図1（b）に示す位置から更に進退制御つまり波面制御することが可能となる。

【0019】図3は、本発明の第2実施例に係るレーザ光出力装置のブロック構成図である。本実施例のレーザ光出力装置では、一体鏡型の2つの形状可変鏡22, 23を用い、レーザ発振器27から射出されたレーザビームを、まず形状反射鏡22にて反射し、次に形状反射鏡23にて反射し、これを集光装置28にて集光して目標物40に照射する。目標物40での散乱光は光検出器29にて検出され、検出信号が制御装置30に送られる。制御装置30は光検出器29からの検出信号に基づいて演算を行い、目標物40にてレーザ光の波面が揃うように形状可変鏡22, 23対応に設けた駆動電源20, 21に指令信号を出力し、これら駆動電源20, 21からの出力電圧にて形状可変鏡22, 23の各アクチュエータを駆動し、レーザ光の波面制御を行う。

【0020】一体鏡型の形状可変鏡22は、1枚の反射面24と、反射面24の裏側に設けられた複数のアクチュエータ22a, 22b, 22c, …とを備え、各アクチュエータ22a, …を進退させることで反射面24を所望の形状に湾曲させる。形状可変鏡23も同様に、1枚の反射面25と、複数のアクチュエータ23a, 23b, 23c, …とを備える。

【0021】一体鏡型の形状可変鏡の場合、隣接するアクチュエータの変位量の差が数ミクロン程度であれば、アクチュエータの進退量に応じて反射面が湾曲し、この反射面にて反射させたレーザ光の波面を揃えることは可能である。しかし、隣接するアクチュエータの変位量の差が10ミクロン程度（CO₂レーザの1波長程度）と大きくなると、反射面を形成する金属板等の剛性やアクチュエータの駆動力により、制御装置の指令通りに反射面が湾曲しなくなる虞が高い。つまり、一体鏡型の形状

可変鏡を1つだけ用いた場合には、レーザ光の緻密な波面制御ができない虞が高い。しかるに、本実施例では一体鏡型の形状可変鏡を2つ設け、形状反射鏡22で波面制御しきれなかった分を形状可変鏡23で補償することができるので、緻密な制御が可能となる。つまり、本実施例の制御装置30は、2つの形状可変鏡22、23の対応するアクチュエータの合計の進退量を制御することで、波面制御を行う。例えば、図3に示す例では、形状可変鏡22のアクチュエータ22a箇所で反射したレーザビームは、形状可変鏡23のアクチュエータ23c箇所で反射して目標物40に向かうので、制御装置30は、アクチュエータ22aとアクチュエータ23cの合計の進退量を制御することで、その光路でのレーザ光の波面を制御する。

【0022】尚、上述した実施例は、CO₂レーザやピエゾ素子を例に説明したが、本発明のはこれらに限定されるものでなく、任意のレーザやアクチュエータに適用でき、アクチュエータの変位限界量は使用するレーザ光の波長を考慮して選択することになる。

【0023】

【発明の効果】請求項1乃至請求項3の発明によれば、波面制御を継続して長時間実行できるという効果があ

る。

【0024】請求項4乃至請求項7の発明によれば、鏡面（反射面）の剛性やアクチュエータの駆動力不足の制約がある場合でも緻密な波面制御が可能になるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に係るレーザ光波面制御の説明図である。

【図2】本発明の一実施例に係るレーザ光出力装置のブロック構成図である。

【図3】本発明の別実施例に係るレーザ光出力装置のブロック構成図である。

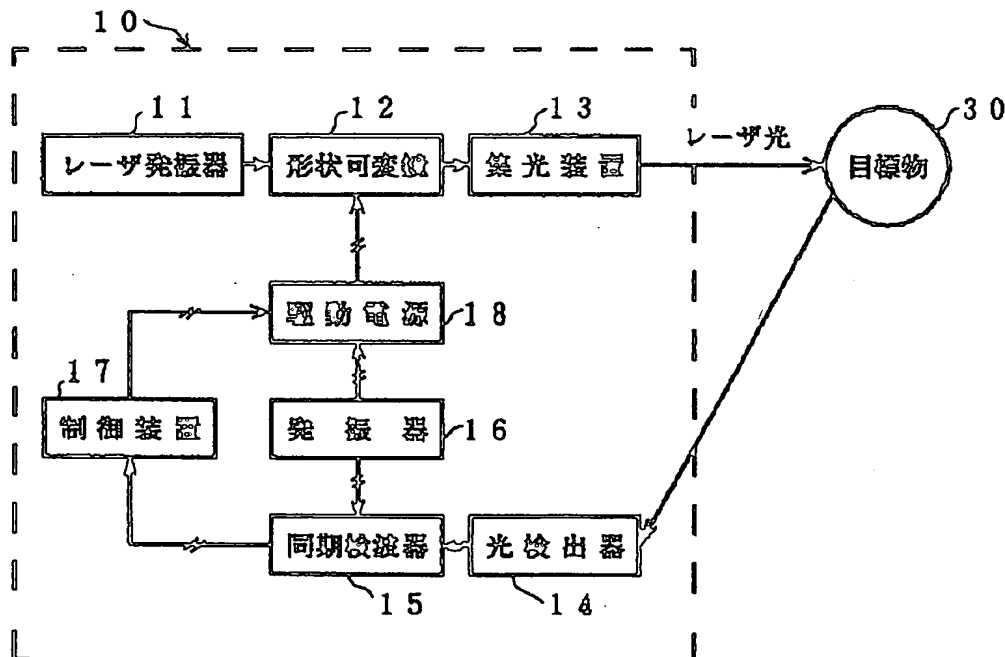
【図4】形状可変鏡による波面制御の説明図である。

【符号の説明】

1, 12, 22, 23…形状可変鏡、1a, 1b, 1c…部分平面鏡、2a, 2b, 2c, 22a, 22b, 22c, 23a, 23b, 23c…アクチュエータ、3, 13, 28…集光装置、10…レーザ光出力装置、11, 27…レーザ発振器、14, 29…光検出器、15…同期検波器、16…発振器、18, 20, 21…駆動電源、17, 30…制御装置、30, 40…目標物。

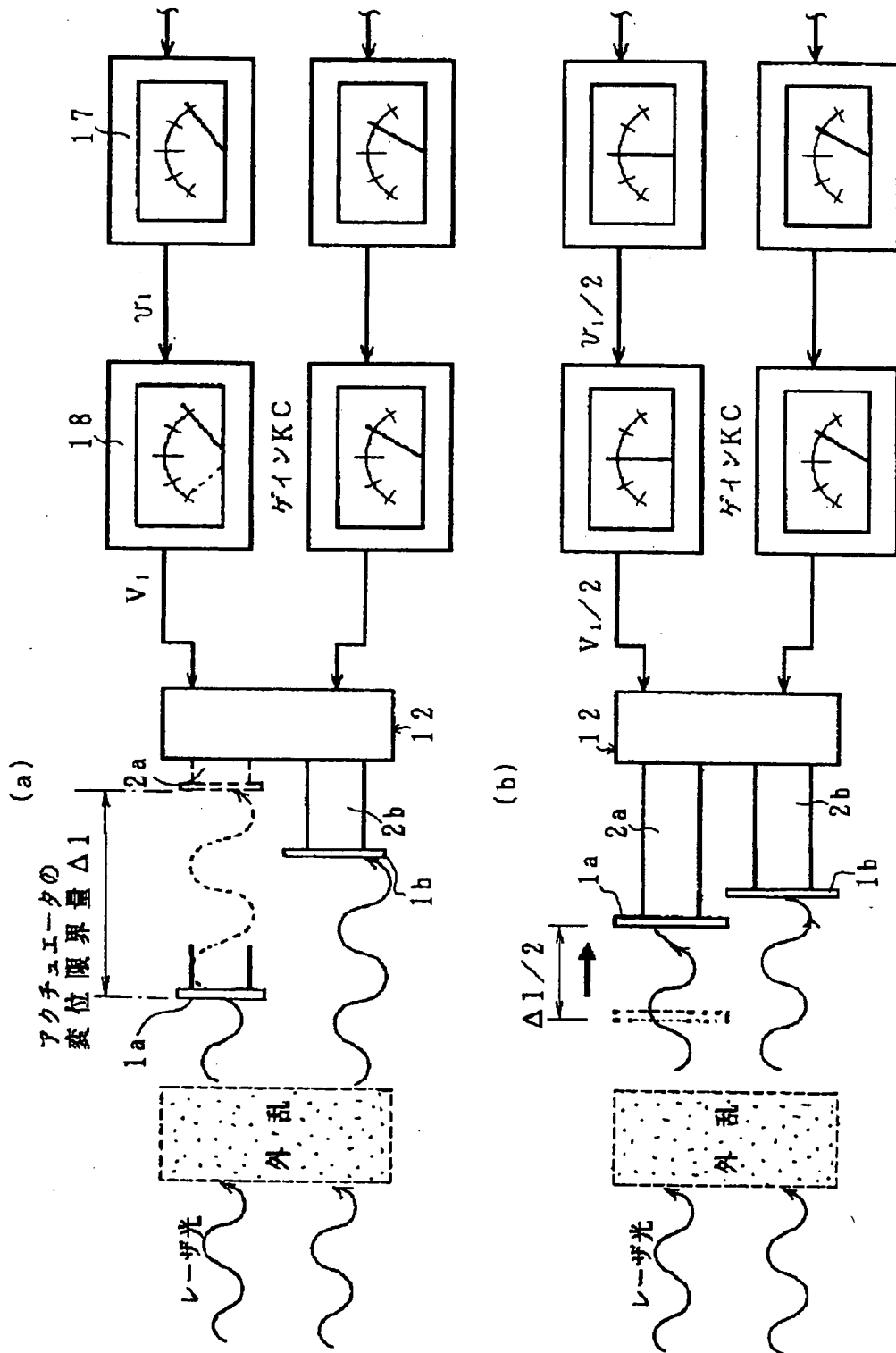
【図2】

[図 2]



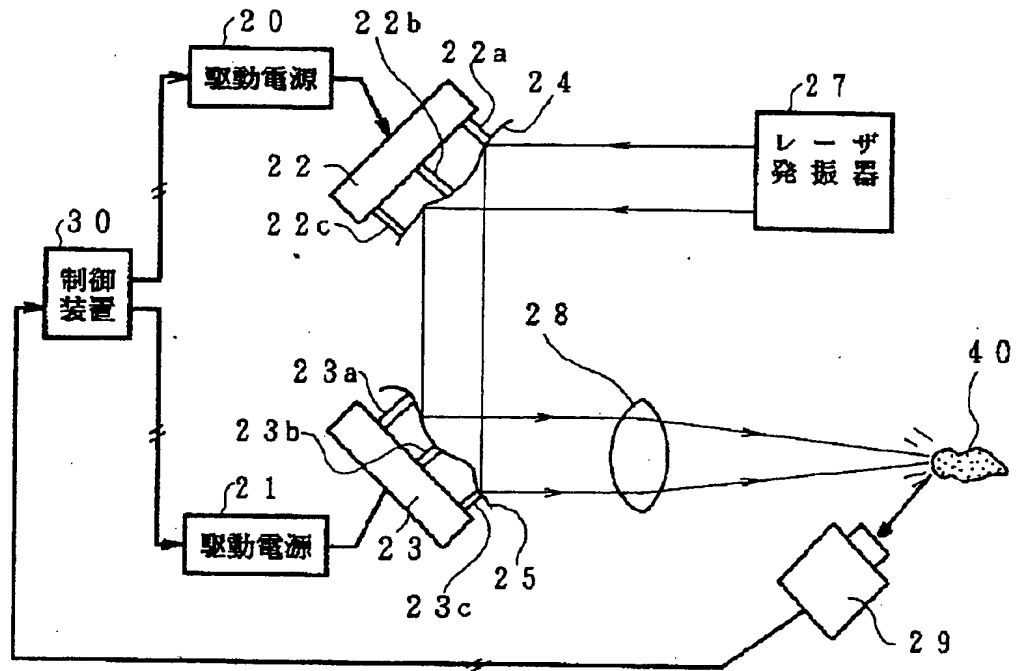
【図1】

[221]



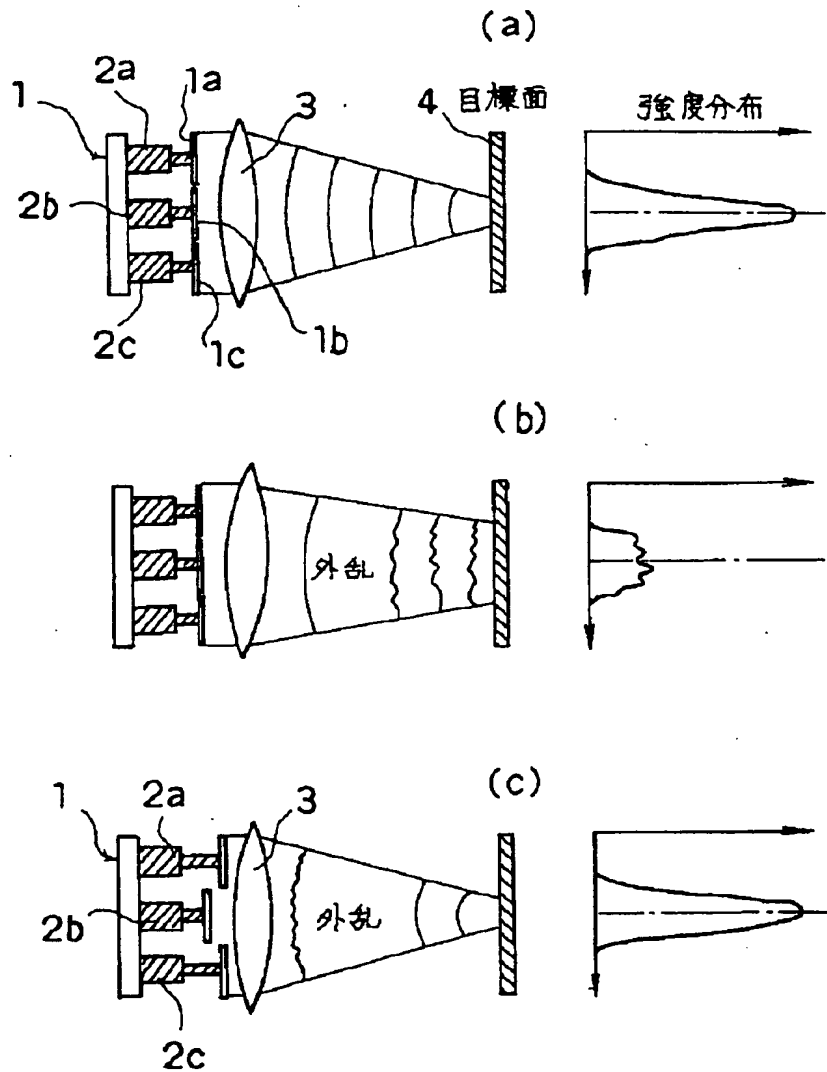
【図3】

[図 3]



【図4】

【図4】



フロントページの続き

- (72)発明者 大沼 和浩
茨城県日立市幸町三丁目2番1号 日立エ
ンジニアリング株式会社内
- (72)発明者 岸 俊一
茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会
社日立製作所日立工場内
- (72)発明者 高原 邦明
茨城県日立市幸町三丁目2番2号 日立ニ
ュークリアエンジニアリング株式会社内

- (72)発明者 角井 晴夫
茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会
社日立製作所日立工場内
- (72)発明者 上野 俊明
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地株
式会社日立製作所内
- (72)発明者 星野 哲司
茨城県日立市幸町三丁目2番1号 日立エ
ンジニアリング株式会社内

(72)発明者 梶山 基章
茨城県日立市幸町三丁目2番1号 日立エ
ンジニアリング株式会社内

(72)発明者 坂東 克典
茨城県日立市幸町三丁目2番1号 日立エ
ンジニアリング株式会社内

(72)発明者 一ノ瀬 祐治
茨城県日立市森山町1168番地 株式会社日
立製作所エネルギー研究所内